

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

**Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.**

**Defects in the images may include (but are not limited to):**

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 621 640 A1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **94104769.8**

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **H01L 29/08, H01L 29/10**

22 Anmeldetag: **25.03.94**

30 Priorität: **22.04.93 DE 4313170**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**26.10.94 Patentblatt 94/43**

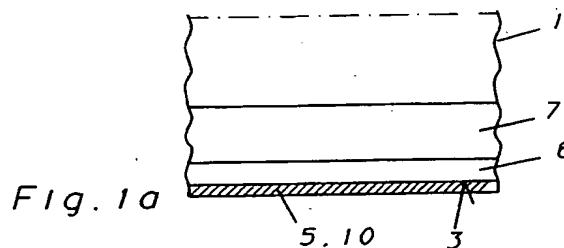
84 Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE FR GB LI NL**

71 Anmelder: **ABB Management AG**  
**Haselstrasse 16**  
**CH-5401 Baden (CH)**

72 Erfinder: **Bauer, Friedhelm, Dr.**  
**Ittigenstrasse 8A**  
**CH-3063 Ittigen (CH)**  
Erfinder: **Lilja, Klas**  
**Schönbühlstrasse 42**  
**CH-5442 Fislisbach (CH)**

### 54 Leistungshalbleiterbauelement.

57 Es wird ein Leistungshalbleiterbauelement angegeben, welches Mittel umfasst, die eine signifikante Verringerung der Dicke des Halbleitersubstrats (1) ermöglichen, bei gleichzeitiger Verlustoptimierung. Diese Mittel umfassen insbesondere einen transparenten Emitter (6) und eine Stoppschicht (7). Die Mittel können sowohl bei Halbleiterschaltern wie IGBT, MCT oder GTO als auch bei Dioden eingesetzt werden.



EP 0 621 640 A1

## Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Leistungselektronik.

Sie geht aus von einem Leistungshalbleiterbauelement nach dem Oberbegriff des ersten Anspruchs.

## Stand der Technik

Ein solches Leistungshalbleiterbauelement wird als MCT beispielsweise im Artikel "Evolution of MOS-Bipolar Power Semiconductor Technology" (B.J. Baliga in Proceedings of the IEEE, Vol 76, No. 4, April 1988), als IGBT z.B. in der EP-A2-0 405 138 beschrieben und als GTO z.B. in der US 4,910,573.

Die der Anmeldung zugrunde liegende Problematik soll im folgenden anhand eines IGBT, wie er in der o.g. Europäischen Patentschrift beschrieben wird, näher erläutert werden.

Der in dieser Schrift beschriebene IGBT weist eine PT-IGBT (PT = punch through) Struktur auf. Er umfasst eine hochdotierte Stoppschicht mit niedriger Trägerlebensdauer. Die n-Basis besteht aus einer epitaktisch gewachsenen Schicht, deren Dicke entsprechend der gewünschten Blockierspannung gewählt wird. Im Bereich bis 1kV Blockierspannung ist diese IGBT-Struktur heute vorherrschend.

Für Hochspannungsanwendungen (z.B. 4.5 kV Sperrspannung) ist die oben dargestellte, konventionelle IGBT Struktur aus mehreren Gründen nicht geeignet:

- es steht bis heute keine Epitaxietechnologie zur Verfügung, um die Anforderungen an Defektdichte und Dotierungshomogenität für sehr hohe Blockierspannungen zu gewährleisten;
- niedrige Abschaltverluste können nur mit sehr kurzen Ladungsträgerlebensdauern erzielt werden; dies zieht jedoch eine für Hochspannungsanwendungen unakzeptable Erhöhung der Durchlassverluste nach sich.

Als Konsequenz daraus werden heute NPT (NPT = non punch through) IGBT Strukturen für den Bereich höherer Sperrspannungen (bis ca. 2 kV) den PT IGBTs vorgezogen. Eine solche NPT IGBT Struktur wird in der EP-A1-0 330 122 beschrieben. In jedem NPT-Leistungshalbleiterbauelement ist die Dicke des Halbleitersubstrats für die geforderte Sperrspannung immer stark überdimensioniert. Dadurch wird sichergestellt, dass das Feld auch im Sperrfall in sicherer Entfernung von dem p+ Anodenemitter bleibt und somit kein fataler Kurzschluss auftreten kann. Ein weiterer Grund für die starke Überdimensionierung liegt darin begründet, die Höhe der Tailströme und somit die Höhe

der Abschaltverluste auf niedrigem Niveau zu halten. So ist bekannt, dass die Tailströme stark ansteigen, wenn man versucht, den Grad der Überdimensionierung der Substratdicke zu verkleinern. Der Anstieg der Tailströme wird auf eine Umverteilung des Plasmas in der quasineutralen Zone (vom anodenseitigen Ende der Raumladungszone bis zum p+ Anodenemitter) zurückgeführt.

Das Abklingen der Tailströme wird im wesentlichen von der Trägerlebensdauer bestimmt. Da die Abklingzeitkonstante im Normalfall zu lang ist, um hinreichend kleine Abschaltverluste zu erzielen, werden auf der Anodenseite Mittel vorgesehen, welche die Abklingzeitkonstante durch Ladungsträgerextraktion unterstützen. Dies kann, wie z.B. in der EP-A1-0 330 122 beschrieben wird, mit Hilfe eines transparenten Emitters geschehen. Bei GTOs ist es zudem Stand der Technik, Anodenkurzschlüsse neben dem p+ Anodenemitter vorzusehen.

Der wesentliche Nachteil von NPT Leistungshalbleiterstrukturen für Hochspannungsanwendungen besteht in der unökonomischen Ausnutzung der Substratdicke. Ein typischer NPT GTO für 4.5 kV weist eine Dicke der n-Basiszone von 700 µm auf. Eine PT Version für die gleiche Blockierspannung würde hingegen nur etwa 400 µm benötigen. Die erheblich niedrigeren Durchlassverluste einer PT Bauelements können dahingehend verwendet werden, durch verkürzte Trägerlebensdauern stark reduzierte Abschaltverluste zu erreichen. Als Konsequenz wird eine signifikante Erhöhung der zulässigen Schaltfrequenz möglich.

Die Minimierung der Substratdicke ist auch für Leistungsdioden von ganz wesentlicher Bedeutung. Auf diese Weise kann mit Hilfe einer PT Struktur die Sperrverzugsladung und damit die Rückstromspitze auf ein Minimum reduziert werden. Allerdings ist von solchen Diodenstrukturen bekannt, dass es zu einem unerwünschten, scharfen Abriss des Diodenstroms am Ende der Ausraumphase kommt.

Die praktische Ausführung eines PT Leistungshalbleiterbauelements scheitert bisher auch an der Verbindung von Stoppschicht und Anodenshorts. Wegen der vergleichsweise hohen Leitfähigkeit der Stoppschicht fließt der grösste Teil der von der Kathode kommenden Elektronen in die Anodenkurzschlüsse. Die p+ Anodenemitter sind dann zu stark verschortet, und der prinzipielle Vorteil der PT Struktur kommt wegen der hohen Durchlassspannung nicht zum Tragen. Man hat versucht, dies durch einen extrem kleinen Anteil von Anodenshorts zu verhindern. Nun aber wird die Ladungsträgerextraktion über die Shorts stark behindert. Wie oben erläutert wächst dann das Niveau der Tailströme mit der Konsequenz inakzeptabel hoher Abschaltverluste.

Die hier erläuterten Effekte treten sowohl beim eben diskutierten IGBT, sondern auch beim MCT und GTO auf. Bei der Diode tritt das Abrissverhalten des Stroms beim Abkommutieren in den Vordergrund.

### Darstellung der Erfindung

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, ein Leistungshalbleiterbauelement, insbesondere für hohe Sperrspannungen, anzugeben, bei welchem die Vorteile einer PT Struktur mit minimal dünnem Substrat gegenüber einem NPT Bauelement ohne die oben erläuterten Nachteile und Kompromisse ausgeschöpft werden können.

Insbesondere ist eine Anodenstruktur zu definieren, welche eine optimal bemessene Stoppschicht zur anodenseitigen Begrenzung des elektrischen Feldes in Kombination mit Mitteln zur maximalen, anodenseitigen Extraktion von Ladungsträgern während des Abschaltvorgangs ermöglicht. Die Anodenstruktur soll so ausgelegt werden, dass kein Stromabriss auftritt.

Diese Aufgabe wird bei einem Leistungshalbleiterbauelement der eingangs genannten Art durch die Merkmale des ersten Anspruchs gelöst.

Kern der Erfindung ist es also, Mittel vorzusehen, welche es ermöglichen, die Dicke des Leistungshalbleiterbauelements zu verringern und gleichzeitig die Verluste minimal zu halten. Eine Verringerung der Halbleitersubstratdicke ist nur durch eine anodenseitige Begrenzung des Feldes mit Hilfe einer Stoppschicht möglich. Die Ausdehnung ins Substrat und der Dotierstoffgradient dieser Stoppschicht bestimmen das Abrissverhalten des Stroms. Bei geeigneter Auslegung kann das Feld noch partiell in den vordersten Teil der Stoppschicht eindringen.

Die Vermeidung der Tailströme beim erfindungsgemässen Halbleiterbauelement wird durch die Kombination der Stoppschicht mit einem transparenten Emmitter erreicht. Durch die Variation der Ausdehnung der Stoppschicht, ihrer maximalen Dotierungskonzentration und ihres Dotierungsgradienten einerseits, sowie durch Einstellung von Dotierstoffkonzentration und Tiefe des transparenten Emitters andererseits kann ein breites Spektrum von Abschaltstromverläufen über die Zeit eingestellt werden (vom abrupten Stromabriss mit minimalen Abschaltverlusten bis zum weichen Abklingen des Stroms mit nur geringfügig höheren Abschaltverlusten). Diese Kombination sorgt für herausragende Eigenschaften der PT Struktur im Vergleich mit einem konventionellen NPT Bauelement: Der Verlauf der Abschaltverluste des PT Bauelements über der Anodenspannung ist linear, während ein NPT Bauelement durch einen angenähert quadratischen Zusammenhang gekennzeichnet ist.

Unter einem transparenten Emmitter wird im folgenden eine anodenseitige Emitterschicht verstanden, welche so gestaltet ist, dass ein signifikanter Anteil des Gesamtstroms die Anodenmetallisierung des Bauelements als Elektronenstrom verlässt. Diesen in % des Gesamtstroms angegebenen Elektronenstrom bezeichnet man als Emmittertransparenz. Technologisch kann die Emmittertransparenz durch Tiefe und Randkonzentration des p+ Anodenemitters in weiten Grenzen eingestellt werden. Von technischer Bedeutung sind p+ Anodenemitter mit einer Transparent von 50% und mehr. Die Kombination eines transparenten Emitters mit einer Stoppschicht hat den Effekt, dass die Raumladungszone während des Abschaltvorgangs in die Stoppschicht eindringt und die Ladung durch den transparenten Emmitter aus dem Bauelement schiebt. Als Folge davon fällt der Strom in sehr kurzer Zeit auf Null ab, ohne die bei konventionellen Strukturen typischen, langsam abfallenden Tailströme. Dadurch werden die Abschaltverluste minimisiert.

Die Stoppschicht wird aus folgendem Grund benötigt: In der Stoppschicht stagniert das Eindringen der Raumladungszone beim Aufbau der Anodenspannung. Es verbleibt eine kleine Zone innerhalb der Stoppschicht, welche fast feldfrei ist. In diesem Volumen befindet sich also nur ein kleiner Rest der gespeicherten Ladung. Da nur ein sehr kleines Feld vorhanden ist, um diese Ladung zum transparenten Emmitter zu befördern, verschwindet die Ladung grösstenteils durch die langsame Rekombination. Vergrössert man nun die Dicke der Stoppschicht und damit den verbleibenden Ladungsrest, so wird das Abklingen des Stroms zunehmend weicher erfolgen.

Die soeben beschriebenen Effekte können sowohl für IGBTs, MCTs, GTOs und Dioden ausgenutzt werden. Es werden deshalb für jedes dieser Bauteile Ausführungsbeispiele angegeben.

Bei der Diode ist die Stoppschicht nicht auf der Anodenseite, sondern auf der Kathodenseite angeordnet, denn bei der Diode wechselt der Strom bei Übergang Leiten-Sperren ja bekanntlich die Richtung ("Reverse Recovery"). Wie vorhin ausgeführt verhindert die kathodenseitige Stoppschicht bei der Diode ein abruptes Abreissen des Stroms am Ende der Reverse Recovery Phase. Der transparente p+ Anodenemitter kann auch bei der Diode vorteilhaft mit der kathodenseitigen Stoppschicht kombiniert werden. Die Verwendung beider Mittel erlaubt die Minimisierung der Diodendicke bei gleichzeitig schwacher Injektion von der Anodenseite. Als Folge wird die Sperrverzugsladung der Diode minimal; bekanntlich ist dies der effektivste Weg zur Reduktion der Rückstromspitze. Die kathodenseitige Stoppschicht stellt sicher, dass das Abklingen des Diodenrückstroms weich erfolgt.

Bei nahezu maximaler Emittentransparenz wird der Durchlasswiderstand für praktische Anwendungen zu hoch. Diesem Nachteil kann aber auf einfache Weise abgeholfen werden, indem der transparente Emitter mit p+ Emittierinseln durchsetzt wird. Diese spezielle Ausführungsform entspricht einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform und kann sowohl bei Dioden als auch bei Schaltern zur Anwendung kommen.

Weitere Ausführungsbeispiele ergeben sich aus den Unteransprüchen.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

**Fig. 1a** Eine erfindungsgemässe Anodenstruktur für einen Halbleiterschalter mit Stopschicht und transparentem Emitter;

**Fig. 1b** Eine erfindungsgemässe Anodenstruktur für einen Halbleiterschalter mit Stopschicht, transparentem Emitter und p+ Emittierinseln;

**Fig. 1c** Eine erfindungsgemässe Anodenstruktur für einen Halbleiterschalter mit Stopschicht, transparentem Emitter und einen p+ Emittiergebiet, welches unter dem Randabschluss angeordnet ist;

**Fig. 2a** Eine Kathodenstruktur eines IGBTs;

**Fig. 2b** Eine Kathodenstruktur eines MCTs;

**Fig. 2c** Eine Kathodenstruktur eines GTOs; und

**Fig. 3a** Eine erfindungsgemässe Struktur einer Diode nach einem ersten Ausführungsbeispiel;

**Fig. 3b** Eine erfindungsgemässe Struktur einer Diode nach einem zweiten Ausführungsbeispiel.

Die in den Zeichnungen verwendeten Bezugszeichen und deren Bedeutung sind in der Bezeichnungsliste zusammengefasst aufgelistet. Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

### Wege zur Ausführung der Erfindung

Ein erfindungsgemässes Leistungshalbleiterbauelement umfasst ein Halbleitersubstrat (1), in welches mehrere Schichten unterschiedlicher Dotierung eindiffundiert sind. Diese Schichten werden durch zwei Hauptflächen (2 und 3) begrenzt. Die ersten Hauptfläche (2) ist einer Kathode (4) zugeordnet, die zweite (3) einer Anode (5). Anode (5) bzw. Kathode (4) werden durch entsprechende Me-

tallisierungen (10 bzw. 22) gebildet.

Die kathodenseitigen Strukturen für Halbleiterschalter wie IGBTs, MCTs und GTOs sind in den Figuren 2a-d dargestellt, die anodenseitigen in den Figuren 1a-c. Die kathodenseitigen Strukturen können dabei mit den anodenseitigen der Figuren 1a,b kombiniert werden, indem sie entlang der strichpunktierten Linie aneinander gefügt werden. Ein erfindungsgemässes Halbleiterbauelement ergibt sich auch, eine Kombination der Figuren 2a-d und 1a am linken Rand von Figur 1c angefügt wird.

Figur 1a zeigt eine erfindungsgemässe Anodenstruktur. Sie besteht aus einer Anodenmetallisierung (10), einem transparenten Emitter (6) und einer Stopschicht (7). Nach der Stopschicht folgt das Halbleitersubstrat (1), welches n-dotiert ist. Im Fall eines IGBT, MCT oder eines GTO stellt das Halbleitersubstrat (1) gleichzeitig die n-Basis dar. Der transparente Emitter (6) ist vorzugsweise p+ dotiert und weist z.B. eine Tiefe von ca. 1.2  $\mu\text{m}$  und eine Dotierung von  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$  auf. Die darauf folgende Stopschicht (7) ist n dotiert, vorzugsweise höher als das Halbleitersubstrat (1). Als Richtwerte dienen die folgenden Angaben: Tiefe mehr als ca. 30  $\mu\text{m}$ , Dotierung mehr als ca.  $3 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ . Unter Zuhilfenahme eines Epitaxieverfahrens können aber auch wesentlich tiefere Stopschichten erzeugt werden.

Die Wirkung der Kombination von transparentem Emitter und Stopschicht ist die folgende:

Beim Abschalten z.B. einer geklemmten, induktiven Last ohne passive Schutzbeschaltung und gegen eine Batteriespannung von 2 kV dringt das Feld in die Stopschicht ein und schiebt die Ladung durch den transparenten Emitter aus dem Bauelement. Folglich fällt der Strom in sehr kurzer Zeit auf Null ab ohne die sonst üblichen, langsam abfallenden Tailströme. Tailströme würden nur auftreten, falls die Raumladungszone nicht bis in die Stopschicht reichte (z.B. bei kleinerer Batteriespannung). Durch das Fehlen der Tailströme werden die Schaltverluste erheblich verkleinert.

In der Stopschicht stagniert das Eindringen der Raumladungszone beim Aufbau der Anodenspannung. Dadurch entsteht ein beinahe feldfreier Raum, in welchem ein Rest der gespeicherten Ladung verbleibt. Um diese Ladung zum transparenten Emitter zu befördern ist somit nur ein sehr kleines Feld vorhanden. Deshalb verschwindet die Ladung grösstenteils durch Rekombination. Dadurch klingt der Strom weich ab. Je dicker die Stopschicht gemacht wird, desto weicher klingt also der Strom ab. Das Verhältnis von Ladungsextraktion zu Rekombination kann durch den Grad der Emittentransparenz beeinflusst werden. Durch eine Reduktion der Transparenz, z.B. durch Erhöhung der p+ Randkonzentration, steigt der Anteil der Tailströme und gleichzeitig auch die Schaltver-

luste.

Die oben beschriebene Wirkung tritt bei der einfachsten Form der erfindungsgemässen Anodenstruktur auf, welche in Figur 1a dargestellt ist. Entlang der strich-punktierten Linie können die Kathodenstrukturen von IGBTs, MCTs oder GTOs angesetzt werden. Diese Kathodenstrukturen sind in den Figuren 2a-c dargestellt.

Figur 2a zeigt ein Kathodenstruktur eines IGBTs. Diese umfasst ein n-dotiertes Halbleitersubstrat (1), auch n-Basis genannt, sowie darin eindiffundierte IGBT-Strukturen. Die IGBT-Strukturen ihrerseits umfassen einen p+ Kollektor (12), eine p-Wanne (13) und eine n+ Source (14). Über der kathodenseitigen Hauptfläche ist eine Gateelektrode (15) isoliert angeordnet. Mittels Anlegen einer Spannung an die Gateelektrode (15) kann der Stromfluss zwischen Kathode (4) und Anode (5) in bekannter Weise ein- und ausgeschaltet werden.

Figur 2b zeigt ein Kathodenstruktur eines MCTs. Wiederum wird von einem n-dotierten Halbleitersubstrat (1) ausgegangen. In Richtung der Kathode folgen aufeinander: eine p-Basis (16), ein n-Emitter (17), ein Kanalgebiet (18) ein p Shortgebiet (19). Über der kathodenseitigen Hauptfläche (2) und von einem MCT-Gebiet zum benachbarten reichend ist wiederum ein isolierte Gateelektrode (15) angeordnet. Mittels Anlegen einer Spannung an diese Gateelektrode lässt sich der Stromfluss von der Anode (5) zur Kathode (4) in bekannter Weise ein- und ausschalten.

Figur 2c schliesslich zeigt ein Kathodenstruktur eines GTOs. Wiederum ist ein n-dotiertes Halbleitersubstrat (1) vorhanden. Auf das Halbleitersubstrat (1) folgt gegen die Kathode (4) hin eine p-Basis (20), welche stellenweise an die kathodenseitige Oberfläche (2) dringt und an diesen Stellen mit einer Gateelektrode (15) in Verbindung steht. In der kathodenseitigen Oberfläche (2) ist ein Mehrzahl von n-dotierten Kathodengebieten (21) eindiffundiert. Wird das Gate (15) mit einem Steuerstrom beaufschlagt, kann der Strom zwischen Anode (5) und Kathode (4) in bekannter Weise ein- bzw. ausgeschaltet werden.

Die Kathodenstrukturen nach den Figuren 2a-c können nun mit der Anodenstruktur nach Figur 1a kombiniert werden, so dass erfindungsgemässe IGBTs, MCTs oder GTOs resultieren.

Um den Strom steiler abschalten zu können, möchte man den p+ Emitter (6) immer transparenter machen, d.h. niedriger dotieren. Dadurch wird der Durchlasswiderstand aber für praktische Anwendungen zu hoch. Diesem Umstand kann nun abgeholfen werden, indem der transparente Emitter mit p+ Emitterinseln (8) durchsetzt wird. Eine solche Anodenstruktur ist in Figur 1b dargestellt. Sie kann für IGBT, MCT und GTO eingesetzt werden. Die Tiefe dieser Emitterinseln beträgt beispielsweise

5  $5 \mu\text{m}$ , deren Randkonzentration  $10^{19} \text{ cm}^{-3}$ . Durch solche Emitterinseln sinkt der Durchlasswiderstand wieder ab. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass der Spannungsrate  $dV/dt$  effektiv begrenzt wird. Der flächenmässige Anteil der Inseln an der Gesamtfläche der Anode kann dabei recht gering gewählt werden.

In Figur 1c ist eine weitere bevorzugte Anodenstruktur eines erfindungsgemässen Halbleiterbauelements dargestellt. Statt einzelner p+ Emitterinseln (9) ist ein zusammenhängendes p+ Gebiet (11) vorhanden, welches in Linie unter dem Randabschluss (9) der kathodenseitigen Hauptfläche (2) angeordnet ist. Der in Figur 1c dargestellte Ausschnitt des Halbleiterbauelements stellt also den Rand des Bauelements dar. An den linken Rand von Figur kann nun zum Beispiel eine Anodenstruktur nach Figur 1a und eine Kathodenstruktur nach den Figuren 2a-c angefügt werden. Dadurch erhält man ein Halbleiterbauelement, insbesondere ein IGBT, MCT oder GTO, mit einem nicht transparenten p+ Emittergebiet (11) unter dem Randabschluss (9). Als Randabschluss (9) kommen die bekannten Strukturen in Frage. Besonders bevorzugt wird ein planarer Randabschluss (9), wie er in Figur 1c dargestellt ist.

Die Wirkung der eben beschriebenen Anodenstruktur ist derjenigen mit Emitterinseln (8) ähnlich. Nebst der  $dV/dt$ -Begrenzung weist die Anordnung nach Figur 1c jedoch eine verbesserte Ladungsträgerextraktion auf. Denn der transparente Emitter (6) deckt sich mit der aktiven, emittierenden Kathodenfläche des Bauelements. Daraus ergeben sich geringere Abschaltverluste.

Die Wirkung des p+ Gebietes (11) unterhalb des Randabschlusses kommt einer  $dV/dt$ -Begrenzung durch einen separaten Snubberkondensator gleich. Ein weiterer Vorteil dieser in Figur 1c gezeigten Struktur besteht demgemäss darin, dass die Snubberkondensatoren zumindest verkleinert, u.U. sogar ganz weggelassen werden können.

Im folgenden wird noch auf die spezielle Situation bei der Diode eingegangen. Auch Dioden müssen bezüglich ihrer Verluste optimiert werden. Deshalb sind auch hier punch through Strukturen mit minimaler Dicke anzustreben. Solche Dioden weisen aber einen abrupten Stromabriss am Ende der Reverse Recovery Phase auf. Dies kann selbst bei kleinsten Induktivitäten zu untolerierbaren Spannungsspitzen führen. Deshalb wurden bis jetzt lieber nicht optimierte, in der Dicke überdimensionierte Dioden verwendet.

Aufgrund der Umkehrung des Stroms muss die erfindungsgemässe Stopschicht bei Dioden auf der Kathodenseite eingefügt werden. Figur 3a zeigt die entsprechende Situation. Nach der Anode (5), welche durch eine Anodenmetallisierung (10) gebildet wird, folgt der transparente p+ Emitter (6), das n-

dotierte Halbleitersubstrat (1), die n-dotierte Stoppschicht (7) sowie eine Anzahl von n+ Kathodengebieten (21).

Die Wirkung des transparenten Emitters (6) und der Stoppschicht (7) entspricht im wesentlichen derjenigen der oben beschriebenen Schalter. Ebenso ist der Einsatz von p+ Emitterinseln (8) von Vorteil. Ein Ausführungsbeispiel mit einer solchen Struktur ist in Figur 3b dargestellt.

Insgesamt steht also mit der Erfindung ein Leistungshalbleiterbauelement für hohe Sperrspannungen zur Verfügung, welches problemlos dünner ausgeführt werden kann und bezüglich Verluste optimiert ist.

#### Bezeichnungsliste

1	Halbleitersubstrat
2	erste Hauptfläche
3	zweite Hauptfläche
4	Kathode
5	Anode
6	Transparenter Emitter
7	Stoppschicht
8	p+ Emitterinseln
9	Randabschluss
10	Anodenmetallisierung
12	p+ Kollektor
11	p+ Emittergebiet
13	p-Wanne
14	n+ Source
15	Gateelektrode
16	p-Basis
17	n-Emitter
18	Kanalgebiet
19	p-Shortgebiet
20	p-Basis
21	n-Kathode
22	Kathodenmetallisierung

#### Patentansprüche

1. Leistungshalbleiterbauelement, insbesondere für hohe Sperrspannungen, umfassend
  - a) ein Halbleitersubstrat (1), in welches zwischen einer ersten Hauptfläche (2) und einer zweiten Hauptfläche (3) mehrere Schichten eines ersten bzw. zweiten Leitungstyps eindiffundiert sind;
  - b) eine Kathode (4), welche der ersten Hauptfläche (2) zugeordnet ist, sowie eine Anode (5), welche durch eine die zweite Hauptfläche (3) bedeckende Metallisierung (10) gebildet wird;
 dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleitersubstrat (1) Mittel umfasst, welche
  - c) eine signifikante Verringerung der Dicke des Halbleitersubstrats (1) und

d) einen Betrieb mit minimalen Verlusten ermöglichen.

2. Leistungshalbleiterbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel einen transparenten Emitter (6) und eine Stoppschicht (7) umfassen.
3. Leistungshalbleiterbauelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
  - a) das Halbleitersubstrat (1) n-dotiert ist;
  - b) zwischen der anodenseitigen Hauptfläche (3) und dem Halbleitersubstrat (1) eine p+ Emitterschicht, welche als transparenter Emitter (6) ausgeführt ist, und eine n-dotierte Stoppschicht (7) eindiffundiert sind, wobei die Stoppschicht (7) höher dotiert ist als das Halbleitersubstrat (1);
  - c) von der kathodenseitigen Hauptfläche (2) eine Mehrzahl von IGBT-Strukturen mit einem p+ Kollektor (12), einer p-Wanne (13) und einer n+ Source (14) eindiffundiert ist; und
  - d) über der kathodenseitigen Hauptfläche und zwischen zwei IGBT-Strukturen eine Gateelektrode (15) isoliert vorgesehen ist.
4. Leistungshalbleiterbauelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
  - a) das Halbleitersubstrat (1) n-dotiert ist;
  - b) zwischen der anodenseitigen Hauptfläche (3) und dem Halbleitersubstrat (1) eine p+ Emitterschicht, welche als transparenter Emitter (6) ausgeführt ist, und eine n-dotierte Stoppschicht (7) eindiffundiert sind, wobei die Stoppschicht (7) höher dotiert ist als das Halbleitersubstrat (1);
  - c) von der kathodenseitigen Hauptfläche (2) eine Mehrzahl von MCT-Strukturen mit einer p-Basis (16), einem n-Emitter (17), einem Kanalgebiet (18) und einem p-Shortgebiet (19) eindiffundiert ist; und
  - d) über der kathodenseitigen Hauptfläche (2) und zwischen zwei MCT-Strukturen eine Gateelektrode (15) isoliert vorgesehen ist.
5. Leistungshalbleiterbauelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
  - a) das Halbleitersubstrat (1) n-dotiert ist;
  - b) zwischen der anodenseitigen Hauptfläche (3) und dem Halbleitersubstrat (1) eine p+ Emitterschicht, welche als transparenter Emitter (6) ausgeführt ist, und eine n-dotierte Stoppschicht (7) eindiffundiert sind, wobei die Stoppschicht (7) höher dotiert ist als das Halbleitersubstrat (1);
  - c) von der kathodenseitigen Hauptfläche (2) eine p-Basis (20) und eine Mehrzahl von n-

Kathodengebieten (21) eindiffundiert ist, wobei

d) die Kathodengebiete (21) insgesamt die Kathode (4) bilden.

- |  |    |
|--|----|
|  | 5  |
| 6. Leistungshalbleiterbauelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass   |    |
| a) das Halbleitersubstrat n-dotiert ist;   |    |
| b) zwischen der anodenseitigen Hauptfläche (3) und dem Halbleitersubstrat (1) eine p+ Emitterschicht, welche als transparenter Emitter (6) ausgeführt ist, eindiffundiert ist;   | 10 |
| c) von der kathodenseitigen Hauptfläche (2) eine n-Stopschicht (7) und eine Mehrzahl von n+ Kathodengebieten (21) eindiffundiert sind, wobei die Stopschicht (7) höher dotiert ist als das Halbleitersubstrat (1).   | 15 |
| 7. Leistungshalbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 3-6, dadurch gekennzeichnet, dass der transparente p-Emitter (6) mit einer Vielzahl von p+ Emitterinseln (8), welche höher dotiert sind als der transparente Emitter (6), durchsetzt ist.                      | 20 |
|  | 25 |
| 8. Leistungshalbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 3-6, dadurch gekennzeichnet, dass  |    |
| a) das Halbleiterbauelement einen Randabschluss (9) aufweist, und  |    |
| b) der transparente Emitter (6) unter dem Randabschluss in ein p+ Gebiet (11) übergeht.  | 30 |
| 9. Leistungshalbleiterbauelement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das p+ Gebiet (11) höher dotiert ist als der transparente Emitter (6) und weiter in die Stopschicht (7) reicht als der transparente Emitter (6).  | 35 |
| 10. Leistungshalbleiterbauelement nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Randabschluss (11) als planarer Randabschluss ausgeführt ist.  | 40 |
| 11. Leistungshalbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der transparente Emitter (6) eine Tiefe von ca. 1.2 $\mu\text{m}$ und eine Ladungsträgerkonzentration von ca. $10^{18} \text{ cm}^{-3}$ aufweist.                 | 45 |
|  | 50 |
| 12. Leistungshalbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stopschicht (7) eine Tiefe von mehr als ca. 30 $\mu\text{m}$ und eine Ladungsträgerkonzentration von mehr als ca. $3 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ aufweist. | 55 |



Fig. 1a

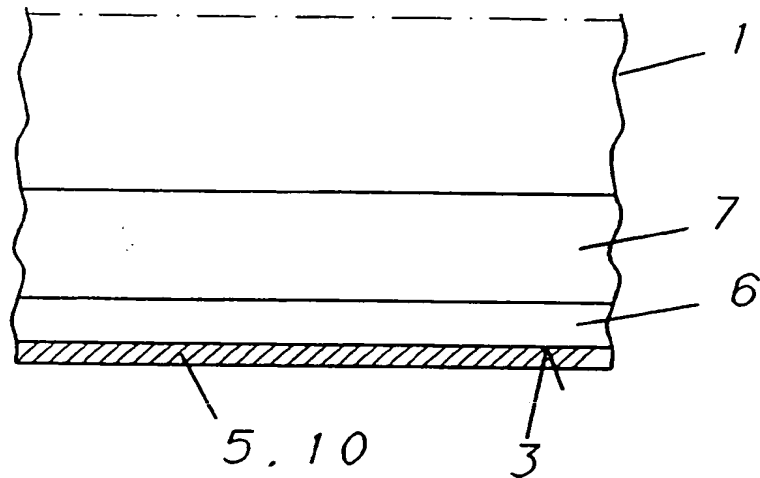


Fig. 1b

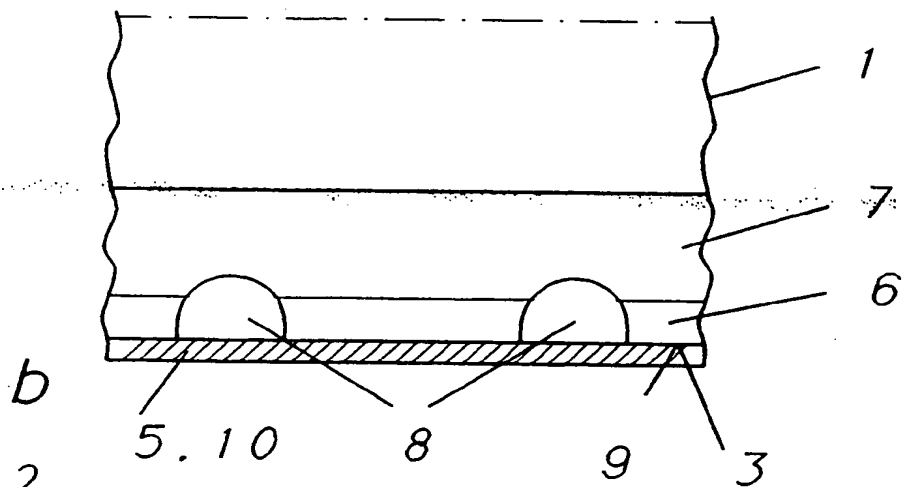
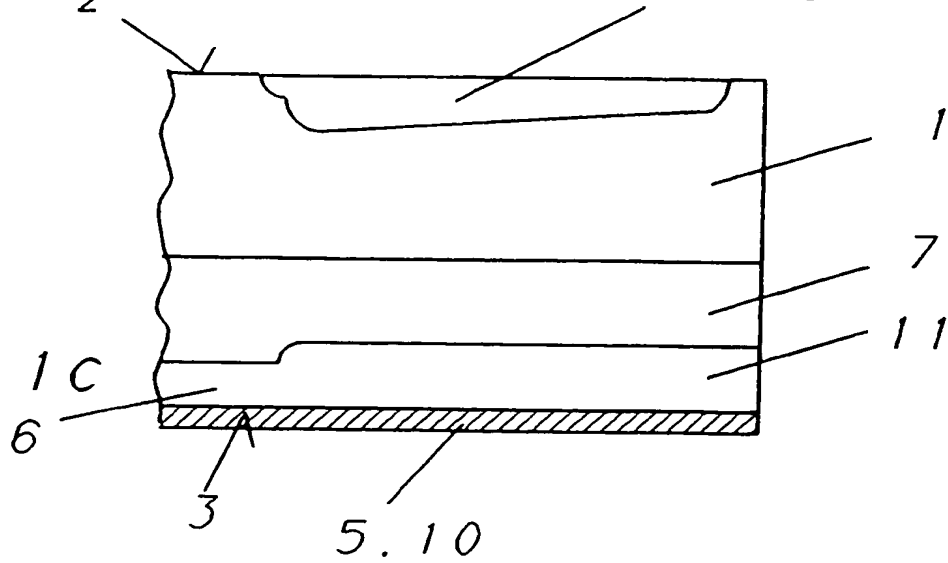
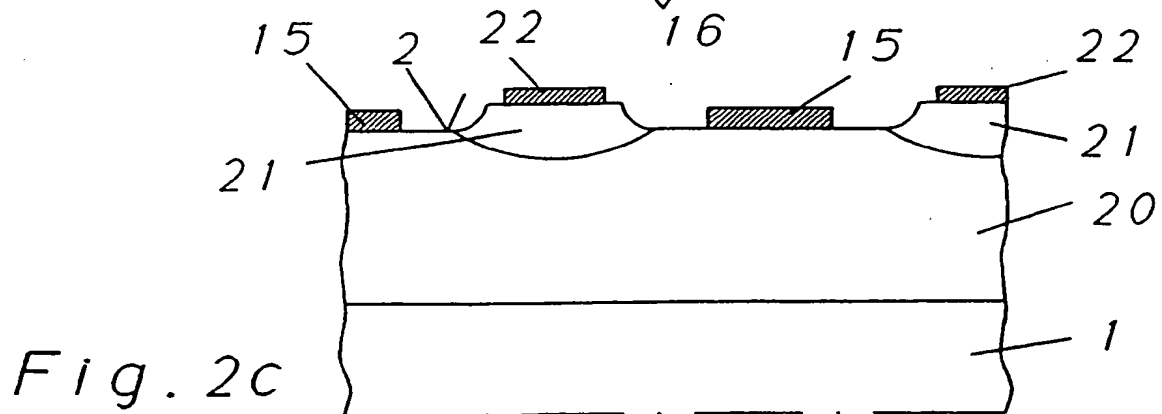
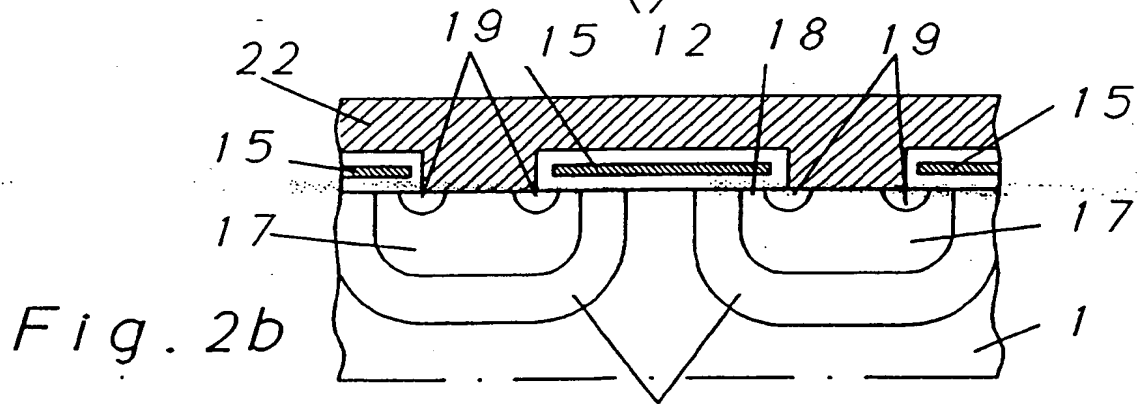
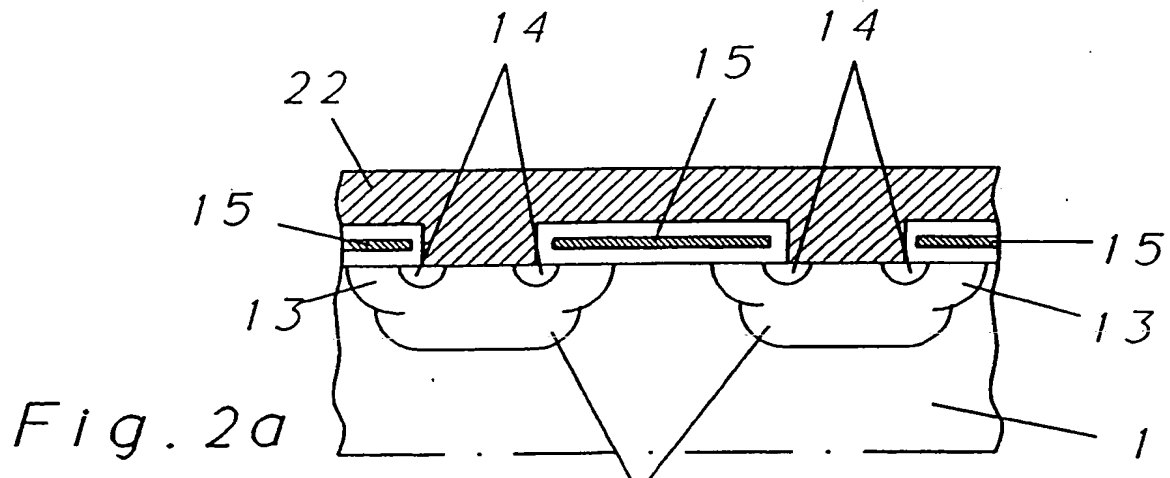


Fig. 1c





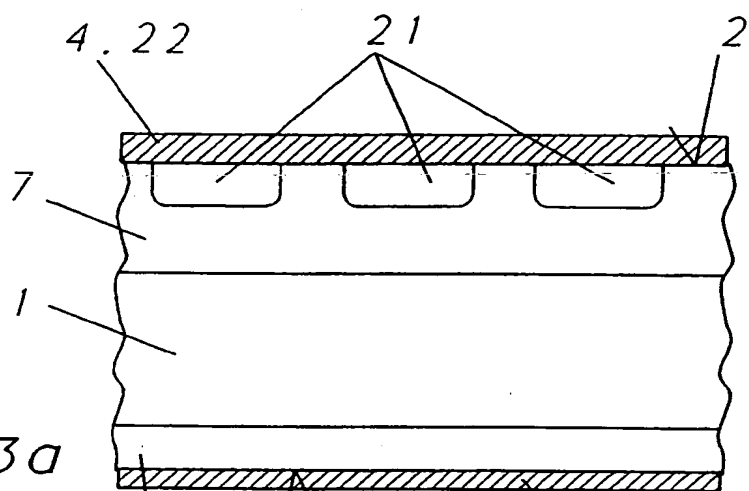


Fig. 3a

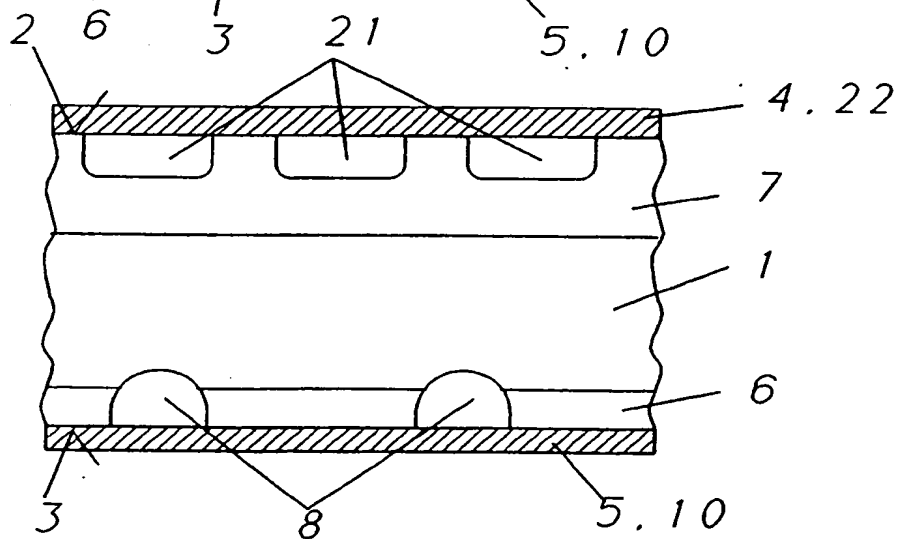


Fig. 3b



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 94 10 4769

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.5)
X	EP-A-0 430 133 (EUPEC) * Abbildung 7 * ---	1,2,5,6	H01L29/08 H01L29/10
X	EP-A-0 416 805 (SILICONIX) * Abbildungen 6,8A-8E * ---	1-4	
D,A	EP-A-0 330 122 (SIEMENS) * Abbildung 1 * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.5)
			H01L
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort BERLIN		Abschließdatum der Recherche 23. Juni 1994	Prüfer Juhl, A
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b>			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	